

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-213374

(43)Date of publication of application : 20.08.1996

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

H01L 21/66

H05H 1/00

(21)Application number : 07-283544

(71)Applicant : APPLIED MATERIALS INC

(22)Date of filing : 31.10.1995

(72)Inventor : LOEWENHARDT PETER K

HANAWA HIROJI

YIN GERALD ZHEYAO

(30)Priority

Priority number : 94 331836

Priority date : 31.10.1994

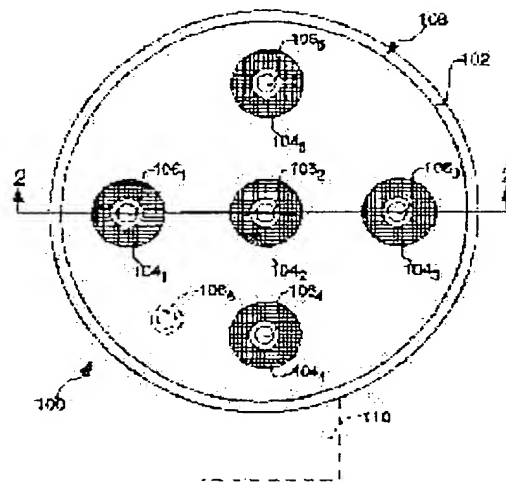
Priority country : US

## (54) COMPOSITE DIAGNOSTIC WAFER FOR SEMICONDUCTOR WAFER PROCESSING SYSTEM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To simultaneously measure an ion current and energy in semiconductor wafer processing system, by mounting ion current probes and ion energy analyzers, on a placebo wafer.

**SOLUTION:** A composite diagnostic wafer has a placebo wafer 102, on the surface of which ion energy analyzers 104 m (m is an integer larger than or equal to 1) and ion current probes 106 m are fixed. The placebo wafer 102 is an anodized aluminum disk having the same dimension as a semiconductor wafer, and replaced in semiconductor treatment system. In order that the bottom surface of the placebo wafer may be mounted on a chuck or a wafer pedestal of the processing system, the diameter and the thickness of the placebo wafer are identical to those of the semiconductor wafer. All the measuring instruments mounted on the placebo wafer measure environments in the processing system which are generated in the vicinity of the semiconductor wafer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-213374

(43) 公開日 平成8年(1996)8月20日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/3065

21/66

Z

H 0 5 H 1/00

7381-2G

H 0 1 L 21/ 302

E

審査請求 未請求 請求項の数31 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-283544

(22) 出願日 平成7年(1995)10月31日

(31) 優先権主張番号 0 8 / 3 3 1 8 3 6

(32) 優先日 1994年10月31日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390040660

アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド

APPLIED MATERIALS, INCORPORATED

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

95054 サンタ クララ パウアーズ アベニュー 3050

(72) 発明者 ベーター ケー. ローウェンハード

アメリカ合衆国, カリフォルニア州

95051, サンタ クララ, ベッパーツリー レーン ナンバー812 900

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

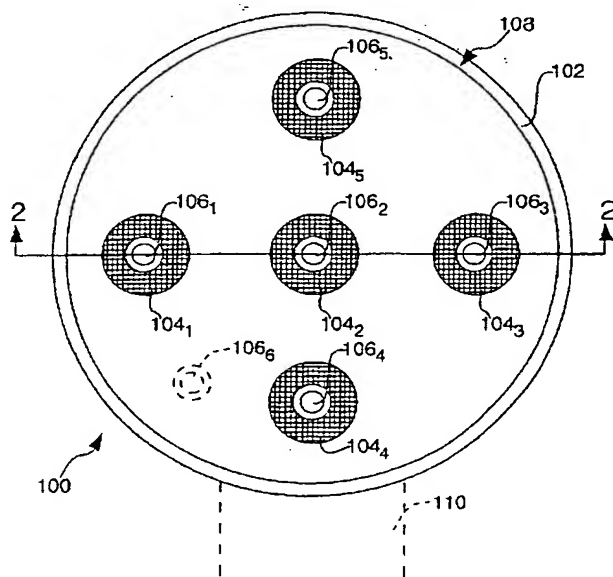
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体ウエハ処理システムのための複合体診断ウエハ

(57) 【要約】

【課題】 半導体ウエハ処理システム内でイオン電流とイオンエネルギーを実質的に同時に測定せしめる。

【解決手段】 半導体ウエハと同じ寸法を有するブラシーボウエハを有する複合体診断ウエハ。ブラシーボウエハの一方の面には、1つ以上のイオン電流プローブと1つ以上のイオンエネルギーアナライザが固定される。そして、アナライザとプローブに接続された測定具が、半導体ウエハ処理システム内でプラズマの発生中に、ブラシーボウエハ上の様々な場所でイオン電流とイオンエネルギーを決定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 1つのブラシーボウエハと、

前記ブラシーボウエハ上に載置された1つのイオン電流プローブと、

前記ブラシーボウエハ上に載置された1つのイオンエネルギーアナライザとを備える診断ウエハ。

【請求項2】 前記ブラシーボウエハ上に載置される複数のイオン電流プローブを更に備える請求項1に記載の診断ウエハ。

【請求項3】 前記ブラシーボウエハ上に載置される複数のイオンエネルギーアナライザを更に備える請求項1に記載の診断ウエハ。

【請求項4】 前記ブラシーボウエハが更に、前記ブラシーボウエハの外周から延長する少なくとも1つの延長部を備える請求項1に記載の診断ウエハ。

【請求項5】 前記イオン電流プローブが前記イオンエネルギーアナライザと共に載置され、前記イオンエネルギーアナライザが前記ブラシーボウエハ上に載置される請求項1に記載の診断ウエハ。

【請求項6】 前記イオン電流プローブと前記イオンエネルギーアナライザが、該ブラシーボウエハ上で実質的に同じ場所に配置される請求項1に記載の診断ウエハ。

【請求項7】 前記エネルギーアナライザが更に、前記ブラシーボウエハ上に載置されるコレクタプレートと、

前記コレクタプレートに付加され、前記コレクタプレートの中心に位置決めされる中心アパーチャーを有する弁別器格子環状絶縁体と、

前記弁別器格子環状絶縁体に付加され、その前記中心アパーチャーに伸びて、前記コレクタプレートから間隔をおく弁別器格子と、

前記弁別器格子に付加され、前記弁別器格子環状絶縁体の前記中心アパーチャーの中心の位置決めされる中心アパーチャーを有する浮動格子環状絶縁体と、

前記浮動格子環状絶縁体に付加され、その前記中心アパーチャーに伸びて、前記弁別器格子から間隔をおく浮動格子と、を備える請求項1に記載の診断ウエハ。

【請求項8】 前記エネルギーアナライザが更に、前記コレクタプレートと前記弁別器格子環状絶縁体の間に配置され、前記弁別器格子環状絶縁体の前記中心アパーチャーの中心に位置決めされる中心アパーチャーを有する2次電子排斥格子環状絶縁体と、

前記2次電子排斥格子環状絶縁体に付加され、その前記中心アパーチャーに伸びて、前記コレクタプレートから間隔をおく2次電子排斥格子とを備える請求項7に記載の診断ウエハ。

【請求項9】 前記浮動格子に付加されるイオン電流プローブを有する請求項7に記載の診断ウエハ。

【請求項10】 前記浮動格子がマイクロチャンネルプレートである請求項7に記載の診断ウエハ。

【請求項11】 前記エネルギーアナライザが、ひな段状の内部表面を有するハウジング内に形成され、前記弁別器格子環状絶縁体が第1のひな段により該コレクタの上に支持され、前記弁別器格子と前記浮動格子環状絶縁体が第2のひな段により支持され、前記浮動格子がハウジングの頂面により支持され、前記ハウジングの前記頂面にはクランピングリングが付加されて、前記コレクタと、前記弁別器格子環状絶縁体と、前記弁別器格子と、前記浮動格子環状絶縁体と、前記浮動格子とを、前記ハウジング内部でクランプする請求項7に記載の診断ウエハ。

【請求項12】 前記エネルギーアナライザがひな段状の内部面を有するハウジングの内部に形成され、前記2次電子排斥格子環状絶縁体は第1のひな段により該コレクタの上に支持され、前記2次電子排斥格子と前記弁別器格子環状絶縁体は第2のひな段により支持され、前記弁別器格子と前記浮動格子環状絶縁体は第3のひな段により支持され、前記浮動格子は該ハウジングの頂面によって支持され、前記ハウジングの前記頂面にはクランピングリングが付加されて、前記コレクタと、前記2次電子排斥格子環状絶縁体と、前記2次電子排斥格子と、前記弁別器格子環状絶縁体と、前記弁別器格子と、前記浮動格子環状絶縁体と、前記浮動格子とを、前記ハウジング内部でクランプする請求項8に記載の診断ウエハ。

【請求項13】 複数の導電トレースが、前記ハウジングを貫通して、前記コレクタと、前記弁別器格子と、前記浮動格子に接続される請求項11に記載の診断ウエハ。

【請求項14】 複数の導電トレースが、前記ハウジングを貫通して、前記コレクタと、前記2次電子排斥格子と、前記弁別器格子と、前記浮動格子に接続される請求項12に記載の診断ウエハ。

【請求項15】 自身の内部に形成されたアパーチャーを有するブラシーボウエハと、イオンエネルギーアナライザと、イオン電流プローブとを有し、前記アナライザと前記プローブは、前記アパーチャーと実質的に正しく合って、前記ブラシーボウエハにより支持される診断ウエハ。

【請求項16】 前記イオンエネルギーアナライザが前記アパーチャー内に位置される請求項15に記載の診断ウエハ。

【請求項17】 前記イオン電流プローブが前記イオンエネルギーアナライザと実質的に同じ位置に配置される請求項15に記載の診断ウエハ。

【請求項18】 前記イオン電流プローブが前記イオンエネルギーアナライザに付加される請求項15に記載の診断ウエハ。

【請求項19】 前記ブラシーボウエハが更に、導電性の部分と、前記導電性の部分の表面の上に形成された絶縁層とを備える請求項15に記載の診断ウエハ。

【請求項 20】 前記ブラシーボウエハが複数のアパーチャーを有し、アパーチャーはそれぞれイオンエネルギーアナライザを有する請求項 15 に記載の診断ウエハ。

【請求項 21】 前記ブラシーボウエハが複数のイオン電流プローブを支持する請求項 15 に記載の診断ウエハ。

【請求項 22】 前記イオン電流プローブが共軸に前記イオンエネルギーアナライザに載置され、前記イオンアナライザが前記アパーチャー内部に位置される請求項 18 に記載の診断ウエハ。

【請求項 23】 前記ブラシーボウエハが更に、前記ブラシーボウエハの外周から延長する少なくとも 1 つの延長部を有する請求項 15 に記載の診断ウエハ。

【請求項 24】 前記エネルギーアナライザが更に、前記ブラシーボウエハの前記アパーチャー内に載置されるコレクタプレートと、前記コレクタプレートに付加され、前記コレクタプレートの中心に位置決めされる中心アパーチャーを有する弁別器格子環状絶縁体と、前記弁別器格子環状絶縁体に付加され、その前記中心アパーチャーに伸びて、前記コレクタプレートから間隔をおく弁別器格子と、

前記弁別器格子に付加され、前記弁別器格子環状絶縁体の前記中心アパーチャーの中心の位置決めされる中心アパーチャーを有する浮動格子環状絶縁体と、前記浮動格子環状絶縁体に付加され、その前記中心アパーチャーに伸びて、前記弁別器格子から間隔をおく浮動格子と、を備える請求項 15 に記載の診断ウエハ。

【請求項 25】 前記エネルギーアナライザが更に、前記コレクタプレートと前記弁別器格子環状絶縁体の間に配置され、前記弁別器格子環状絶縁体の前記中心アパーチャーの中心に位置決めされる中心アパーチャーを有する 2 次電子排斥格子環状絶縁体と、前記 2 次電子排斥格子環状絶縁体に付加され、その前記中心アパーチャーに伸びて、前記コレクタプレートから間隔をおく 2 次電子排斥格子とを備える請求項 24 に記載の診断ウエハ。

【請求項 26】 前記浮動格子に付加されるイオン電流プローブを有する請求項 24 に記載の診断ウエハ。

【請求項 27】 前記浮動格子がマイクロチャンネルプレートである請求項 24 に記載の診断ウエハ。

【請求項 28】 前記ブラシーボウエハの前記アパーチャーがひな段状の内部面を有し、前記エネルギーアナライザが前記ひな段状内部面の上に形成され、前記弁別器格子環状絶縁体が第 1 のひな段により該コレクタの上に支持され、前記弁別器格子と前記浮動格子環状絶縁体が第 2 のひな段により支持され、前記浮動格子がハウジングの頂面により支持され、前記ハウジングの前記頂面にはクランピングリングが付加されて、前記コレクタと、前記弁別器格子環状絶縁体と、前記弁別器格子と、前記

浮動格子環状絶縁体と、前記浮動格子とを、前記ハウジング内部でクランプする請求項 24 に記載の診断ウエハ。

【請求項 29】 前記ブラシーボウエハの前記アパーチャーがひな段状の内部面を有し、前記エネルギーアナライザが前記ひな段状内部面の上に形成され、前記 2 次電子排斥格子環状絶縁体は第 1 のひな段により該コレクタの上に支持され、前記 2 次電子排斥格子と前記弁別器格子環状絶縁体は第 2 のひな段により支持され、前記弁別器格子と前記浮動格子環状絶縁体は第 3 のひな段により支持され、前記浮動格子は該ハウジングの頂面によって支持され、前記ハウジングの前記頂面にはクランピングリングが付加されて、前記コレクタと、前記 2 次電子排斥格子環状絶縁体と、前記 2 次電子排斥格子と、前記弁別器格子環状絶縁体と、前記弁別器格子と、前記浮動格子環状絶縁体と、前記浮動格子とを、前記ハウジング内部でクランプする請求項 25 に記載の診断ウエハ。

【請求項 30】 複数の導電トレースが、前記ハウジングを貫通して、前記コレクタと、前記弁別器格子と、前記浮動格子に接続される請求項 28 に記載の診断ウエハ。

【請求項 31】 複数の導電トレースが、前記ハウジングを貫通して、前記コレクタと、前記 2 次電子排斥格子と、前記弁別器格子と、前記浮動格子に接続される請求項 29 に記載の診断ウエハ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体ウエハ処理システムのための試験及び測定用装置に関し、特に、半導体ウエハ処理システムによりプラズマが発生している間、診断ウエハ上の様々な位置においてイオンエネルギー及びイオン電流を共に測定する複合体診断ウエハに関する。

【0002】

【従来の技術】イオン電流束及びイオンエネルギーは、半導体処理システム内の反応チャンバにより含有されるプラズマの重要なパラメータである。これらのパラメータは、ウエハの処理において半導体ウエハ処理システムの効率を決定する。特に、イオン電流束はエッチングプロセスの均一性に影響し、ウエハの潜在的なダメージの兆候を示す。更に、イオンエネルギーはエッチングの選択性、エッチレイトの均一性及び残留物の制御に影響する。これらのパラメータは、エッチングプロセスにおいて非常に重要であるので、イオン電流及びイオンエネルギーの両者の測定をチャンバ内の一定の場所で行うことは、ウエハの処理においてプラズマの効率の特徴を示すに重要である。

【0003】典型的には、イオン電流の測定のために、ラングミュアプローブに類似したイオン電流プローブが用いられる。ウエハの表面で電流分布を測定するために

は、1つ以上の電流プローブが、ブラシーボウエハ、即ち半導体ウエハと同じサイズと形状を与えられた陽極処理アルミニウムのディスクの上に付加される。ブラシーボウエハはその後、半導体処理装置内で半導体ウエハが典型的に配置されると同様の場所に位置される。処理システムによって一旦プラズマが発生すれば、イオン電流プローブは負にバイアスされて、プラズマからイオンを収集する。従って、プローブに接続されたワイヤ内で電流計の方へ電流が発生する。測定された電流は、ブラシーボウエハ上の係る位置において電流プローブ内に入ってくるイオンの数を示している。ブラシーボウエハの表面上のアレイ内に電流プローブを賢明に位置させることにより、各電流プローブにおいて測定されるイオン電流を組合わせて、ブラシーボウエハの表面上のイオン分布が評価される。この電流分布は、プラズマ内のイオン電流束を示している。

【0004】これとは別に、一般に、イオンエネルギーアナライザが、半導体ウエハの支持構造体、即ちウエハチャック、サセプタ又はウエハペDESTALとして知られているものに埋め込まれている。イオンエネルギーアナライザは、プラズマ内のイオンのエネルギーの性質を決定するための良く知られた装置である。イオンエネルギーアナライザの詳細な説明は、R.L. Stenzel et. al. "Novel Directional Ion Energy Analyzer", Rev. Sci. Instrum. 53(7), July 1982, pp. 1027-1031を参照すればよい。ここに記載されているように、旧来のイオンエネルギーアナライザは、メタリックコレクタ、制御格子及び浮動格子を有し、これら全ては、円筒スタック内に形成され、各格子はセラミック絶縁ワッシャにより分離されている。特に、コレクタは負にバイアスされた金属ディスクである。負のバイアスはコレクタからの電子を反発し、イオンをコレクタへと吸引する。制御格子は、正にバイアスされて、正バイアスを越えないエネルギーを有するイオンがアナライザにより排斥される。このように、制御格子は、特定のエネルギーレベルより大きいエネルギーレベルを有し他のものを排斥するイオンを収集のために選択するために用いられる。バイアスされない(浮動)格子は、メッシュスクリーンでもよくマイクロチャンネルプレートでもよく、バイアスされず、半導体ウエハの表面を励起させる。

【0005】動作中に、ペDESTAL内に埋め込まれたイオンエネルギーアナライザは、ウエハがペDESTAL上に置かれる前のイオンエネルギーを測定するために用いられ、ないしは、エネルギーアナライザをプラズマに暴露するための開口を有する、特別に設計されたウエハがペDESTAL上に置かれる前のイオンエネルギーを測定するために用いられる。プラズマが一旦チャンバ内に確立されれば、制御格子バイアスよりも大きなエネルギーを有するイオンがコレクタプレートによって収集され、コレクタプレートに接続された電流計に電流を発生させる。

プラズマのイオンのエネルギーは、制御格子のバイアスを調節し、電流計に測定される電流をモニタすることにより、決定される。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来技術は、ブラシーボウエハ上に電流プローブを用いる事と、ウエハペDESTAL内に埋め込まれたイオンエネルギーアナライザを用いる事を別々に教示している。このように、イオン電流とイオンエネルギーの両方を決定するためには、まずイオン電流が測定され、そして、イオンエネルギーが測定され、又は、その逆でもよい。2つの連続した測定を実施する必要性から、プラズマ試験に要する時間は、各測定を単独で行うときに比して非常に長くなる。更に、電流測定及びエネルギー測定を別々に同調して行うため、このような測定は正確ではないことがある。

【0007】従って、従来技術においては、半導体ウエハ処理システム内でイオン電流とエネルギーを実質的に同時に測定せしめる、1つ以上のイオン電流プローブを1つ以上のイオンエネルギーアナライザと組合わせた単一の診断ウエハの要請がある。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】従来技術に関連した不都合は、単一のブラシーボウエハと、1つ以上のイオン電流プローブと、1つ以上のイオンエネルギーアナライザとを組合わせた本発明によって克服される。

【0009】特に、本発明は、半導体ウエハと実質的に同じ寸法をもつ陽極処理アルミニウムディスクで作製されたブラシーボウエハを備える複合体診断ウエハである。ディスクは、1つの面に固定され、又は1つの面に埋め込まれ、1つ以上のイオン電流プローブと1つ以上のイオンエネルギーアナライザを有する。このように、アナライザとプローブに接続された測定器は、ウエハ上の様々な場所でイオン電流とイオンエネルギーの両者を決定する。従って、イオン電流とイオンエネルギーの両者は、実質的に同時に、ブラシーボウエハ上の実質的に同じ場所で測定される。従って、複数のイオン電流プローブとイオンエネルギーアナライザを1つのブラシーボウエハに用いる場合は、ブラシーボウエハ上の複数の場所で十分にプラズマの性質を知ることが可能となる。

【0010】アナライザに受容されるイオンの角度の効果を制限するため、各アナライザは、従来型の浮動格子ではなく、マイクロチャンネルプレートに随意固定される。プレートの厚さとチャンネルの長さは、プレートの幾何的な濾過性能を決定する。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】図1は、複合体診断ウエハ100の上面図である。この複合体診断ウエハ100は、ブラシーボウエハ102を有し、ブラシーボウエハの表面にはイオンエネルギーアナライザ104。(mは、1以上

の整数)とイオン電流プローブ106<sub>6</sub>が固定されている。図2は、図1の線2-2に沿った複合体診断ウエハの断面図である。本発明を最もよく理解するためには、図1及び図2に同時に当たるべきである。

【0012】例示的な具体例では、5つのアナライザ104<sub>1</sub>、104<sub>2</sub>、104<sub>3</sub>、104<sub>4</sub>、104<sub>5</sub>と5つのプローブ106<sub>1</sub>、106<sub>2</sub>、106<sub>3</sub>、106<sub>4</sub>、106<sub>5</sub>が存在している。しかし、この技術の通常の知識を有するものには、アナライザ及びプローブは、いずれの数で本発明の実施に用いられてもよいことが理解されるであろう。

【0013】特に、ブラシーボウエハ102は、半導体ウエハと同等の寸法を有する陽極処理アルミニウムディスクであり、半導体処理システムにおいて置き換えられる。特に、ブラシーボウエハの底面が処理システムのチャックないしウエハペダスタルに載置されるように、ブラシーボウエハの直径と厚さは半導体ウエハと同一である。そして、半導体ウエハが同じ場所で経験すると同じであるプラズマからのイオン衝突をブラシーボウエハが経験することが確保されるような場所で、処理システムにおいてチャックはブラシーボウエハを支持する。このように、ブラシーボウエハに付加される測定器はいずれも、半導体ウエハの近くで発生される処理システム内環境を測定する。本発明に利用可能な、1つの例示的な半導体ウエハ処理システムは、アプライドマテリアルズ社製造のセンチュラHDPメタルエッチシステムである。

【0014】ブラシーボウエハ102は、複数のエネルギーアナライザ104<sub>4</sub>と、エネルギーアナライザと共軸に配置される複数の電流プローブ106<sub>6</sub>を支持する。アナライザ及びプローブは、プラズマの性質がウエハの全表面上で最もよく決定されるような配列に位置される。複合体診断ウエハ(ブラシーボウエハ、エネルギーアナライザ及び電流プローブ)の全高さ(厚さ)は、およそ100~150 mils (約2.54 mm~約3.81 mm)である。

【0015】あるいは、測定実施の柔軟性を得るために、ブラシーボウエハの周囲から延長する延長部ないしウイング(1つの延長部は、図1の点線部分110で示される)1つ以上を随意有していてもよい。これらの延長部は、電流プローブ及び/又はエネルギーアナライザを、ウエハの直径の外側の場所、例えば、反応チャンバの壁面附近の場所で支持するために用いる事ができる。

【0016】更に特別に、ブラシーボウエハ102の上には、典型的にはセラミック製である複数のディスク状絶縁体108が積み重ねられている。各絶縁体は、厚さが約5~20 mils (約0.127 mm~0.508 mm)である。この本発明の具体例では、ブラシーボウエハ102に、各アナライザ106のコレクタ200を接着材を用いて付加させることにより、複数のアナライザが作製される。各コレクタ200は、タングステン又はステンレス鋼等の導電材料のディスクである。コレクタはそれぞれ、ワイヤ(図示されず)によって電圧ソースに接続されて、調節可能な負電位にコレクタをバイアスする。

【0017】アパーチャー204を有するディスク状の絶縁体202が、コレクタの頂部に配置される。各アパーチャーは、各コレクタの直径よりもわずかに小さな直径を有している。アパーチャーは、約0.2~約0.4インチ(約5.08 mm~約10.16 mm)の直径を有している。コレクタの外側エッジ上に置かれることにより、ディスク状絶縁体202は、ブラシーボウエハの表面とコレクタの厚さの分だけの間隔をもって置かれる。2次電子排斥格子206は、典型的には、タングステン又はステンレス鋼のワイヤメッシュあるいはエッチングされたニッケル箔により作製され、絶縁体202の上方の位置を占める。この格子は、約4 mils (約0.10 mm)の厚さを有し、1インチ当たり約200本のメッシュを有している。各アパーチャー内では、2次電子排斥格子206は、各コレクタに対して、平行で間隔をおいた関係を有している。

【0018】2次電子排斥格子はこの具体例で記述されているだけではなく、別の具体例でも述べられているが、この格子及び支持絶縁体は実際は随意のものである。典型的には、2次電子排斥格子は、大きなイオンエネルギー、例えば10 eVよりも大きなイオンエネルギーを経験するエネルギーアナライザにのみ用いられる。このように、本発明の各種の具体例では、本発明は高イオンエネルギー環境において使用されると仮定される。しかし、本発明が低いイオンエネルギー環境において用いられる場合は、この技術分野の通常の知識を有するものは、エネルギーアナライザに2次電子排斥格子及びこれを支持する絶縁体が含まれなくてもよいことが認識されるであろう。

【0019】図1及び2に記述される具体例について続けると、2次電子排斥格子206の頂部に別のディスク状絶縁体208が積み重ねられている。絶縁体208は、絶縁体202のアパーチャー204と共軸に配置されるアパーチャー210を有している。弁別器格子212(制御格子としても知られている)が、絶縁体208の頂部に配置される。弁別器格子は典型的には、タングステン又はステンレス鋼のワイヤメッシュによりあるいはニッケル箔をエッチングして作製される。弁別器格子の頂部には、第3の絶縁体214も配置される。また、第3の絶縁体も、絶縁体208及び202のアパーチャー210及び204に共軸に配置されるアパーチャー216を有している。浮動格子218が第3の絶縁体214の上に配置されて、エネルギーアナライザ104<sub>4</sub>が完成される。この格子も他の格子と同様に、典型的には、タングステン又はステンレス鋼のワイヤメッシュによりあるいはニッケル箔をエッチングして作製され、約

4 mils (約0.10mm)の厚さを有し、1インチ当たり約200本のメッシュを有している。

【0020】物理的には、各層にセラミックエポキシを塗布する事により、格子及び絶縁体の積み重ねは一緒に保持される。積み重ね構造体を形成する他の例示的な方法が、図6に関して以下に説明され、そこでは、格子と絶縁体が互いにクランプされる。

【0021】電気的には、弁別器格子及び2次電子排斥格子は、ワイヤによって電圧ソースに接続されて、適切な電圧がこれらの格子に与えられる。

【0022】本発明の例示的な具体例においては、電流プローブ106の配置は、アナライザ104と共軸であるように記述されている。しかし、一般的には、電流プローブは、環状の絶縁体214の頂部なら例えば、電流プローブ106。で代表されるようにどこに置かれてもよく、又は拡張部110状に置かれてもよい。各電流プローブの特定の構造に対して、各プローブは、セラミック等の絶縁材料のディスク220とタングステン等の導電材料のディスク222を有している。ディスク222は、ディスク220とエポキシによって接着され、次いで順に、ディスク220は、浮動格子218、第3の絶縁体214又は延長部110に接続される。ワイヤ(図示されず)が導電ディスク220を、イオンが導電ディスクに衝突した際のイオン電流を測定する測定具に接続させる。導電ディスク上へのイオンの衝突を促進させるため、ディスクは典型的には、ウエハに蓄積されると予想されるDCバイアスの合計、プラス、プラズマ発生中にチャックをバイアスするために用いられるRF電圧の振幅よりも、更に80~100ボルトだけ負にバイアスされている。

【0023】図3は、エネルギーアナライザ104、それぞれをバイアスするために用いられる回路250の模式図である。反応チャンバ内部のチャックをバイアスするRFエネルギーへの暴露から半導体ウエハの表面がDCバイアスを蓄積すると同じ方法によりバイアスを蓄積するように、浮動格子218はバイアスされない。何等かの理由で浮動格子が半導体ウエハを励起させるための適正なバイアスを蓄積しなかった場合は、電圧 $V_{REF}$ を用いて浮動格子を適正にバイアスしてもよい。弁別器格子212は、典型的にはランプDC電圧により正にバイアスされる。このランプ電圧は、ゼロボルトから始まり、ウエハ上での予測されるDCバイアスの合計、プラス、チャックをバイアスするために用いられるRF電圧の振幅、よりも大きな電圧で終了する振幅を有している。掃引された(ランプの)弁別器格子電圧を有することにより、測定器はイオンエネルギー分布を決定する。2次電子排斥格子206は、一般に約-200ボルト( $V_{BIAS}$ )にバイアスされたコレクタよりも多少負にバイアスされる。このような2次電子排斥格子を有することにより、イオンがコレクタに衝突することによりコレ

クタから発せられる電子はいずれも、コレクタの手前の格子206によって排斥される。各格子はキャパシタ $C_1$ を介してコレクタへ結合され、これら格子がコレクタへ結合される事を確保する。インダクタLとキャパシタ $C_2$ との各結合はローパスフィルタを形成して、RFエネルギーが測定器(例えば電流計A)や電力供給器(例えば、 $V_{BIAS}$ 、 $V_{REF}$ 及び電圧ソースV)へ与える影響をブロックする。

【0024】コレクタ200により収集されたイオンは、コレクタに接続されたワイヤに電流を発生させる。イオンのエネルギー分布を決定するため、電流解析器(例えば電流計A)が、ローパスフィルタ252を介してコレクタ200へと接続される。弁別器格子212の電圧が掃引されれば、コレクタ200は、弁別器格子により生じる反発力を克服するエネルギーレベルをもつイオンのみを収集する事が可能となる。このように、イオンエネルギーのプロファイルは、診断ウエハの各イオンエネルギーアナライザに対して発生することが可能である。イオンエネルギープロファイルを、イオン電流プローブから収集されるイオン電流情報と組み合わせる事により、複合体診断ウエハは、プラズマの特徴及び性質に対して重要な知見を与える。

【0025】図4は、本発明の別の具体例の診断ウエハ301の断面図であり、これは、ブラシーボウエハ102に支持された、1つ以上の独立のイオンエネルギーアナライザとイオン電流プローブの結合体300を有している。アナライザとプローブの結合体300はそれぞれ、図200の上方に、2次電子排斥格子206と、弁別器格子212と、浮動格子218を支持するための、3つの積み重ねの絶縁体ワッシャ302を有している。コレクタはブラシーボウエハ102に付加されている。更に、浮動格子の中心には、電流プローブ106が上述の構造を有して載置される。前の具体例と同様に、本発明の肝要な部分から離れる事なく、この電流プローブもブラシーボウエハ表面上のどこにおいてもかまわない。

【0026】本発明のこの別の具体例は、上述の具体例と全く同じ方法で操作される。しかし、イオンエネルギーアナライザはそれぞれ独立して作製されるため、作製された後、測定しようとするプラズマの性質を最も良く決定するに必要なあらゆる配列の形態でブラシーボウエハに付加されてもよい。また、各アナライザの格子は独立にバイアスされてプラズマの性質決定に更に柔軟性を与えてもよい。

【0027】図5は、本発明の(2つめの)別の具体例の診断ウエハ401の断面図であり、これは、「厚い」ブラシーボウエハ400内に埋め込まれた1つ以上の独立したイオンエネルギーアナライザとイオン電流プローブの結合体300を有している。イオンエネルギーアナライザとイオン電流プローブの結合体300は、図4を参照して説明されると同様に、独立に作製される。図5



においては、「厚い」ブラシーボウエハ400は、1つ以上のアパーチャー404と金属部分402の表面408上に堆積されたセラミック（非伝導）層406を有する金属部分402を有している。使用に際し、金属部分はチャック（サセプタとして知られている）に隣接しこれに支持されている。ほとんどのウエハ処理システムでは、RF電圧がバイアス電圧としてチャックに印加される。ブラシーボウエハの金属部分はチャックの表面を延長する。この金属部分は、厚さ約60〜70mil（約1.52mm〜1.78mm）である。セラミック層は、チャック上に配置される半導体ウエハをほぼ模造したものである。セラミック層は、厚さ約5〜10mil（約0.127mm〜0.254mm）である。この手法では、プローブ結合体300は、ブラシーボウエハの表面から突き出ない。操作に際しては、この2番目の別の具体例は、上述の最初の別の具体例と同じ方法で機能する。

【0028】図6は、上述の浮動格子の代りに用いることができるマイクロチャンネルプレート600の部分断面図である。マイクロチャンネルプレート600を有する1つ以上のイオンエネルギーアナライザを有する複合体診断ウエハは、本発明の3番目の具体例を成す。マイクロチャンネルプレート600を有するこの様なイオンエネルギーアナライザは、本発明の前述の具体例のいずれにも用いる事が可能である。浮動格子と比較して、マイクロチャンネルプレート600は、イオンエネルギーアナライザ内部の各通路までの深さを与え、従って、イオン軌跡弁別を与え、即ち、プレート600が厚くなるほど、アナライザの幾何的な弁別が向上し、到達イオンがアナライザ内に受容される角度が更に狭くなる。

【0029】プレート600は、典型的には、プレート貫通するハニカムパターンでけいせいされる複数の開口（又はマイクロチャンネル）を有するガラスで作製される。このようなマイクロチャンネルプレートを用いる事により、幾何的フィルタとして知られる軌跡弁別法を提供する。特に、プレートの厚さとマイクロチャンネルプレートの直径は、所定のマイクロチャンネル602の長軸606から測定される臨界角604を決定する。臨界角よりも大きな軌跡角でマイクロチャンネルに入射するイオンは、マイクロチャンネルの壁面に衝突し、イオンエネルギーアナライザには入射しない。一方、臨界角よりも小さな軌跡角のイオンは、アナライザ内を通過し、弁別器格子により更に弁別（エネルギー弁別）される。イオンエネルギーアナライザのマイクロチャンネルプレートを利用した従来技術の1つでは、開口は直径0.015mm、長さ0.6mmであり、これは約0.6°の臨界角を形成する。R.L.Stenzel et.al. "Novel Directional Ion Energy Analyzer", Rev. Sci. Instrum. 53(7), July 1982, pp. 1027-1031を参照されたい。無論、円筒形の開口に対しては、臨界角は球面の角である。随

意、マイクロチャンネルは、ある軌跡角プラスマイナス臨界角を有するイオンが測定のために選択されるような、プレートに対する角度で形成されてもよい。

【0030】図7は、本発明の4番目の別の具体例の上面図である。図8は、図7の線8-8に沿った分解断面図である。この具体例を最もよく理解するためには、図7及び8を同時に参照すべきである。

【0031】図7及び8は、ブラシーボウエハ102の上に載置されるイオンエネルギーアナライザ104と電流プローブ106を有する複合体診断ウエハが描かれる。アナライザの構成部品は、エポキシによる接着ではなく、クランプされて、構造的に頑強なアナライザデバイスを形成する。特に、アナライザ104のハウジング700は、ブラシーボウエハ102に付加されこの内部に埋め込まれる。ハウジング700は、ひな段型の内部面と、実質的に円筒形の外部面を有する。ハウジングは、内部に切削により形成されたひな段内部面を有する、陽極処理アルミニウム円筒により構成される。格子への電気的なアクセスを与えるために、ハウジングの外部面から内部面へ開口がドリルにより形成され、この開口にワイヤが通される。ないしは、ハウジングは陽極処理アルミニウムの積み重ねとして形成されてもよい。積み重ねに先立ち、導電トレース及び導電貫通開口が各ワッシャに形成されてもよい。一旦積み重ねられれば、ワッシャは、互いに溶接され、溶融され、ないしはねじ止めされてもよい。導電トレース及び貫通開口は、アナライザの部材への電気経路を与える。

【0032】ハウジング700が一旦形成されれば、コレクタディスク200はハウジング内部に配置される。コレクタは、電流測定器がコレクタに接続可能なように、導電トレース704に隣接する。コレクタの上に1段目のひな段に支持されて、環状の絶縁体202が配置される。絶縁体202の上には、2次電子排斥格子206が配置される。格子206は、この格子にバイアス電圧を供給する、ひな段708上に配置された導電トレース706に隣接する。2次電子排斥格子208は、ひな段708上に配置される。弁別器格子212は、絶縁体208上に配置され、ひな段712上に配置される導電トレース710に隣接する。第3の環状絶縁体214は、格子212の上に配置され、ひな段712に支持される。浮動格子218は、ハウジング700の頂面718上に配置され、導電トレース714に隣接する。クランピングリング716は、ねじ720により、ハウジング700の頂面718上にねじ止めされる。クランピングリングは、圧縮力により、絶縁体と格子をアナライザ内に静的な位置に維持する。更に、この圧縮力は、格子のそれぞれの導電トレースとの電気的な接触を維持する。最後に、電流プローブ106が、典型的にセラミックエポキシにより、クランピングリング716の頂面に付加される。このイオンエネルギーアナライザと電流プ

ローブの結合体は、本発明の他の具体例に関して記載された結合体と全く同じ方法で動作する。

【0033】ないしは、図5の「厚い」ブラシーボウエハのアパーチャーの壁面は、上述の方法によりひな段がつけられてもよい。このように、イオンエネルギーアナライザは、上述のようにひな段型のアパーチャーのそれぞれの内部に形成されてもよい。

【0034】反応チャンバ内部のプラズマの特徴を十分に調べるために、本発明の前述の各具体例は、イオン電流とイオンエネルギーを同時に測定することができる。更に、双方の測定は、ブラシーボウエハ上の略同一の配置で行うことができる。従って、ブラシーボウエハ上に分散された複数のイオンプローブとイオンエネルギーアナライザの結合体を用いる事により、二次元的なイオン電流及びイオンエネルギーマップが、ブラシーボウエハの上のプラズマの特徴を十分に調べることが可能となる。

【0035】本発明の教示を含む種々の具体例が示されて詳述されてきたが、この技術分野の通常の知識を有するものには、これらの教示内に止まりつつ更に多くの変形例を案出することが可能である。

#### 【0036】

【発明の効果】以上詳細に説明してきたように、本発明の診断ウエハは、単一のブラシーボウエハ上に、1つ以上のイオン電流プローブと、1つ以上のイオンエネルギーアナライザとの結合体が配置されて形成される。

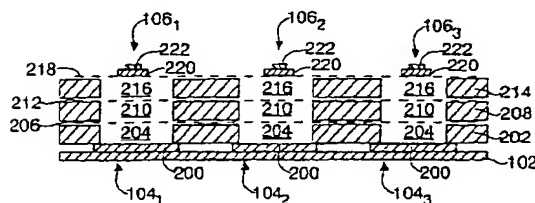
【0037】この構成によれば、ブラシーボウエハ上のイオン電流とイオンエネルギーの分布を単一の診断ウエハにより測定する事が可能となり、プラズマの特性をよりよく知る事ができるようになる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従った複合体診断ウエハの上面図である。

【図2】図1の線2-2に沿った複合体診断ウエハの断面図である。

【図2】



【図3】イオンエネルギーアナライザ内部の種々の格子をバイアスするための回路の回路図である。

【図4】ブラシーボウエハ上に配置される個々のイオンエネルギーアナライザを有する複合体診断ウエハの1番目の別の具体例の断面図である。

【図5】「厚い」ブラシーボウエハに埋め込まれたイオンエネルギーアナライザを有する複合体診断ウエハの2番目の別の具体例の断面図である。

【図6】本発明の3番目の別の具体例を成す複合体診断ウエハのマイクロチャンネルプレートを示す斜視図である。

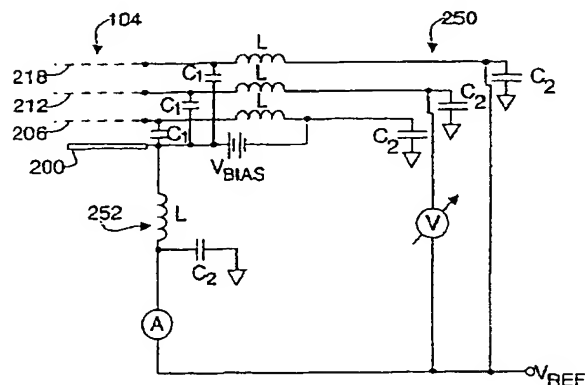
【図7】本発明の4番目の別の具体例の複合体診断ウエハの上面図である。

【図8】図7の線8-8に沿った複合体診断ウエハの断面図である。

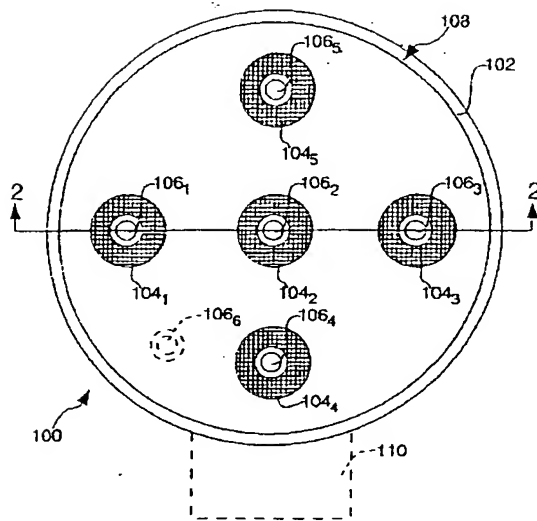
#### 【符号の説明】

100…複合体診断ウエハ、102…ブラシーボウエハ、104…イオンエネルギーアナライザ、106…イオン電流プローブ、200…コレクタ、202…ディスク状絶縁体、204…アパーチャー、206…2次電子排斥格子、208…ディスク状絶縁体、210…アパーチャー、212…弁別器格子、214…第3の絶縁体、216…アパーチャー、218…浮動格子、220…絶縁材料ディスク、222…導電材料ディスク、250…回路、252…ローパスフィルタ、300…結合体、301…診断ウエハ、302…絶縁体ワッシャ、400…ブラシーボウエハ、401…診断ウエハ、402…金属部分、404…アパーチャー、406…セラミック層、408…表面、600…マイクロチャンネルプレート、602…マイクロチャンネル、604…臨界角、606…長軸、700…ハウジング、704、706、710、714…導電トレース、708、712…ひな段、716…クランピングリング、718…頂面、720…ねじ。

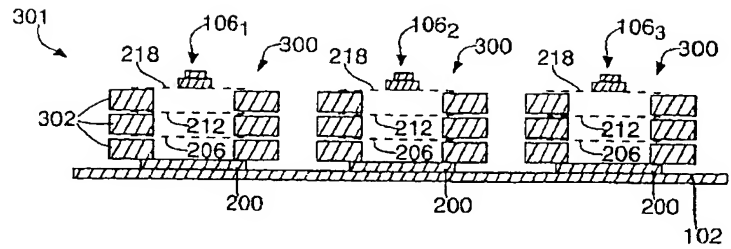
【図3】



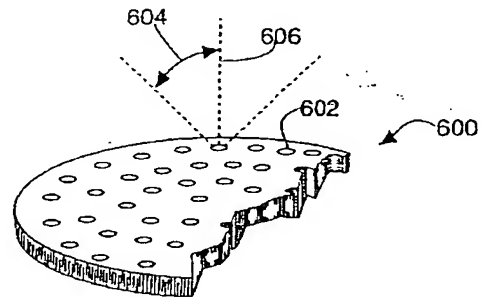
【図 1】



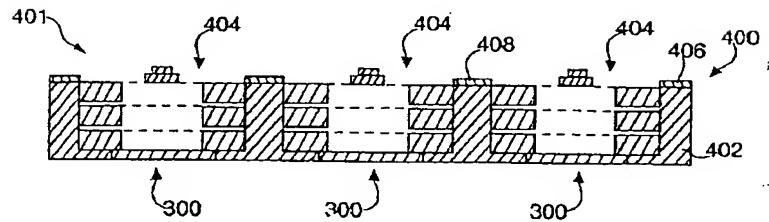
【図 4】



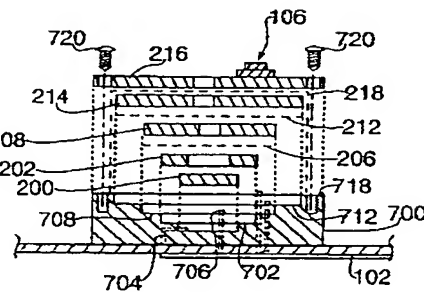
【図 6】



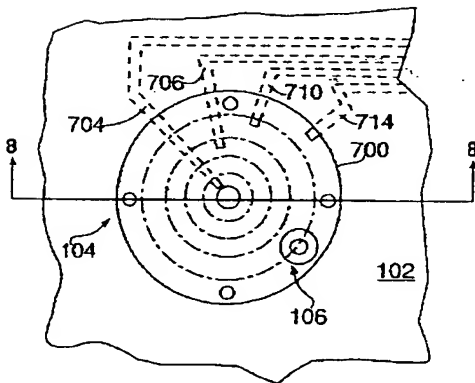
【図 5】



【図 8】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 ヒロジ ハナワ  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
94086, サニーヴェール, スプルース  
ドライブ 696

(72)発明者 ジェラルド ツェヤオ イン  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
95014, キュバティノ, ビリッチ プ  
レイス 10132